

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLANDDEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 100 53 216 A1(51) Int. Cl. 7:  
**H 03 B 5/02**  
H 03 B 5/08  
H 04 B 1/40

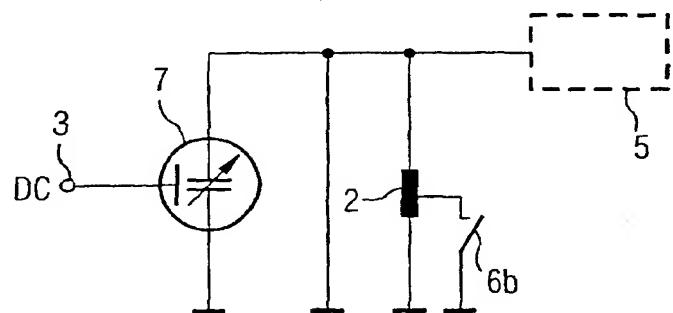
DE 100 53 216 A1

(21) Aktenzeichen: 100 53 216.0  
(22) Anmeldetag: 26. 10. 2000  
(43) Offenlegungstag: 16. 5. 2002(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE(72) Erfinder:  
Bienek, Bernd, 46395 Bocholt, DE; Gapski, Dietmar,  
47058 Duisburg, DE; Tuo, Xihe, Dr., 47057 Duisburg,  
DE(56) Entgegenhaltungen:  
DE 198 44 142 A1  
DE 696 07 011 T2  
US 60 74 890 A  
US 59 94 982 A  
US 59 59 516 A**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Spannungsgesteuerter Oszillator, insbesondere für Mobilfunkgeräte

(57) Ein spannungsgesteuerter Oszillator, insbesondere für Mobilfunkgeräte, weist einen durch elektronische Bauteile gebildeten Schwingkreis auf, der durch ein Einstellelement abstimmbar ist. Um bei solch einem spannungsgesteuerten Oszillator einen breitbandigen Frequenzbereich und ein geringes Phasenrauschen auf einfache Weise zu realisieren, ist das Einstellelement mit einem kondensatorgestützten mikro-elektromechanischen System (7) versehen.



DE 100 53 216 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO), insbesondere für Mobilfunkgeräte, mit einem durch elektronische Bauteile gebildeten Schwingkreis, der durch ein Einstellelement abstimmbar ist.

[0002] Spannungsgesteuerte Oszillatoren (voltage controlled oscillators) dienen in erster Linie dazu, Schwingungen bestimmter Kurvenformen, beispielsweise Sinus, Rechteck, Dreieck, Sägezahn und Puls, zu erzeugen. Insbesondere für den Einsatz im Hochfrequenzbereich (HF), wie etwa für Mobilfunkanwendungen, werden spannungsgesteuerte Oszillatoren verwendet, die einen abstimmbaren Schwingkreis aus in der Regel parallelgeschalteten Induktivitäten (L) und Kondensatoren (C) aufweisen. Zur Abstimmung eines solchen LC-Schwingkreises werden üblicherweise Varaktordioden benutzt, die als Paar in einer Kathode-Kathode-Anordnung geschaltet sind, um Nichtlinearitäten der Kapazitäts-Spannungs-Kurve zumindest teilweise zu eliminieren. Als Folge hiervon ergibt sich jedoch ein geringerer Oberwellengehalt.

[0003] Um den Quality-Faktor (Q), der sich im allgemeinen aus der Division der Mittenfrequenz durch die Frequenzbandbreite errechnet und demnach die Güte des Schwingkreises angibt, nicht zu vermindern, wird gewöhnlich eine geringe Spannung und hohe Kapazität am Ausgang der Varaktordioden vermieden. Zudem ist es bekannt, parallel geschaltete Varaktordioden vorzusehen, um sowohl ein breitbandiges Frequenzspektrum als auch einen hohen Q-Faktor zu erreichen. Weitere übliche Praktiken in Hinsicht auf einen breitbandigen Frequenzbereich und ein geringes Phasenrauschen sind, die Kondensatoren und/oder die Induktivitäten beziehungsweise Resonatoren über Schalter anzusteuern.

[0004] Ein breitbandiger Frequenzbereich und ein geringes Phasenrauschen ist vor allem im Zusammenhang mit den zunehmend stärker verbreiteten Mobilfunkgeräten, wie zum Beispiel Mobiltelefone nach den gegenwärtig neben-einander existierenden Mobilfunkstandards GSM (Global System for Mobile Communication), DCS1800 (Digital Cellular System), UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System), IS-95, oder IS-136 von besonderer Bedeutung. Diese meist in Frequenzbereichen von 900 MHz, 1800 MHz und 1900 MHz arbeitendenzellularen Systeme erfordern ebenso wie digitale schnurlose Telefone nach dem DECT-Standard (Digital Enhanced Cordless System) mit Frequenzen bei 1700 MHz einen breiten Abstimmungsbereich.

[0005] Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, einen spannungsgesteuerten Oszillator bereitzustellen, mit dem sich ein breitbandiger Frequenzbereich und ein geringes Phasenrauschen auf einfache Weise realisieren lassen.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe wird bei einem spannungsgesteuerten Oszillator mit den eingangs genannten Merkmalen vorgeschlagen, daß das Einstellelement ein kondensatorgestütztes mikro-elektromechanisches System aufweist.

[0007] Unter einem mikro-elektromechanischen System, im folgenden MEMS genannt, wird die Integration von mechanischen Elementen, Sensoren, Stellgliedern und elektronischen Bauteilen auf einem gemeinsamen, in der Regel aus Silizium bestehenden Substrat durch die Anwendung von Mikrofertigungsverfahren verstanden. Die elektronischen Komponenten werden dabei zumeist durch Halbleitertechnologien, wie etwa CMOS-, Bipolar- oder BICMOS-Verfahren, gefertigt, wohingegen die mikromechanischen Komponenten durch Mikrobearbeitungsverfahren, wie zum Beispiel dem bereichsweisen Ätzen des Siliziumträgers zum

Entfernen oder Hinzufügen struktureller und funktioneller Schichten, erzeugt werden. MEMS stellen demnach Systeme dar, die in den unterschiedlichsten Bereichen Anwendung finden können.

[0008] Ein sich die Funktionsweise eines Kondensators zu eigen machendes mikro-elektromechanisches System im Sinne der vorliegenden Erfindung, im folgenden MEMS-C genannt, ist ein elektrisch gesteuertes Bauteil, das durch eine mechanische Änderung der Geometrie die Kapazität zwischen seinen Anschlüssen ändert. Ein MEMS-C selbst ist bekannt, so daß in Hinsicht auf Aufbau und Wirkungsweise des MEMS-C auf den Stand der Technik verwiesen wird.

[0009] Durch das erfundungsgemäße Vorsehen eines solchen MEMS-C als Bestandteil des Einstellelements eines spannungsgesteuerten Oszillators, der einen breitbandigen Frequenzbereich und ein geringes Phasenrauschen ermöglicht, läßt sich der Aufbau eines Oszillators in erheblichem Maße vereinfachen und damit eine kostengünstige Fertigung sicherstellen. Da bei dem MEMS-C darüber hinaus das RF-Signal und der Gleichstromanschluß voneinander getrennt sind, haben Nichtlinearitäten der Kapazitäts-Spannungs-Kurve keine schädlichen Auswirkungen auf die Wirksamkeit des Phasenrauschens. Überdies besitzt das MEMS-C einen besseren Quality-Faktor als herkömmliche Varaktordioden. So beträgt der Quality-Faktor des MEMS-C bei 1,5 GHz mehr als 100 im Vergleich zu etwa 40 einer Varaktordiode mit der Folge, daß im Unterschied zu der Verwendung von Varaktordioden keine aufwendige Gestaltung in Hinsicht auf ein gefordertes Phasenrauschen erforderlich sind. Nicht zuletzt verfügt das MEMS-C über einen breiten Abstimmungsbereich, beispielsweise von 0,5 pF bis 10,0 pF oder mehr, wodurch sich auf einfache Weise ein breitbandiger spannungsgesteuerter Oszillator realisieren läßt, und zwar ohne den Q-Faktor in bestimmten Wertebereichen zu reduzieren.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen eines solchen spannungsgesteuerten Oszillators stellen die Gegenstände der Unteransprüche dar. Dabei ist es besonders günstig, wenn das Einstellelement zusätzlich mit einer Varaktordiode versehen ist, um den unterschiedlichsten Anforderungen, die in der Praxis an spannungsgesteuerte Oszillatoren gestellt werden, Rechnung zu tragen. Die Anforderungen die an spannungsgesteuerte Oszillatoren, die wie vorliegend breitbandig abstimmbare sind, gestellt werden, röhren in erster Linie daher, daß solche Oszillatoren eine große Abstimmsteilheit aufweisen. Für eine Feinabstimmung oder Phasenmodulation ist es daher zweckmäßig, ein weiteres Einstell- beziehungsweise Abstimmmelement mit geringerer Abstimmsteilheit parallel zu schalten. Dieses Abstimmmelement kann zum Beispiel ein weiteres MEMS-C oder – wie zuvor beschrieben – eine Kapazitätsdiode sein. Letzteres hat den zusätzlichen Vorteil, daß Kapazitätsdioden für kleine Abstimmsteilheiten eine große Güte besitzen.

[0011] Darüber hinaus kann es außerdem zweckmäßig sein, das Einstellelement mit einem mikro-elektromechanischen System-Schalter, MEMS-Schalter, zu versehen, der sich die Vorteile der MEMS-Technologie zu nutze macht, um etwa den induktiven Teil des Schwingkreises gezielt ändern zu können.

[0012] Schließlich besteht eine nutzbringende Weiterbildung darin, den spannungsgesteuerten Oszillator als Hochleistungsoszillator auszugestalten. Auf diese Weise läßt sich ein Oszillator mit geringem Rauschen auch im RF- oder Mikrowellen-Frequenzbereich realisieren. Ursächlich hierfür ist, daß das Rauschen des Oszillators vom Träger entfernt hauptsächlich durch die Güte des Resonators bestimmt wird. Um einen großen Signal-Rauschabstand zu er-

halten, ist es daher sinnvoll, eine hohe Oszillatorkreisleistung zu verwenden. Im Schwingkreis wird danach ein sehr hoher Leistungspegel gespeichert, der einen hohen Abstand zum Grundrauschen gewährt. Aufgrund der hohen Leistung ist es erforderlich, daß die einzelnen Bauteile des Schwingkreises geeignet sind, Hochspannungsschwingungen auszuführen. Aufgrund der nicht linearen Kapazitäts-Spannungs-Kurve und der Diodencharakteristik einer Kapazitätsdiode wird die Nutzleistung des Oszillators reduziert. Die elektrische Charakteristik des MEMS-C hingegen verändert sich durch die Hochspannungsschwingungen nicht.

[0013] Einzelheiten und weitere Vorteile des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. In den zugehörigen Zeichnungen veranschaulichen im einzelnen:

[0014] Fig. 1a ein schematisches Schaltbild eines bekannten spannungsgesteuerten Oszillators mit einem Paar Varaktordioden, die sich in einer Kathode-Kathode-Anordnung befinden;

[0015] Fig. 1b ein schematisches Schaltbild eines bekannten spannungsgesteuerten Oszillators mit durch Schalter ansteuertem Kondensator und Resonator;

[0016] Fig. 1c ein schematisches Schaltbild eines bekannten spannungsgesteuerten Oszillators mit parallel geschalteten Varaktordioden;

[0017] Fig. 2 ein schematisches Schaltbild eines erfindungsgemäßen spannungsgesteuerten Oszillators mit einem MEMS-C;

[0018] Fig. 3 ein schematisches Schaltbild des Oszillators gemäß Fig. 2 mit einer zusätzlichen Varaktordiode und

[0019] Fig. 4 ein schematisches Schaltbild des Oszillators gemäß Fig. 3 mit einem zusätzlichen MEMS-Schalter.

[0020] In den Fig. 1a bis 1c sind Ausführungsformen bekannter spannungsgesteuerter Oszillatoren dargestellt. Der Oszillator gemäß Fig. 1a weist einen Schwingkreis auf, der aus einem Kondensator 1 und einem als Induktivität 2 ausgebildeten Resonator, die parallel geschaltet und mit Masse verbunden sind, besteht. Um den Schwingkreis abzustimmen, ist ein Einstellelement vorgesehen, das sich aus einem an eine Gleichspannungsquelle 3 von zum Beispiel -0,5 V oder -8,0 V angeschlossenen Paar Varaktordioden 4 zusammensetzt. Die Varaktordioden 4 befinden sich in einer zu dem Kondensator 1 und der Induktivität 2 parallel geschalteten Kathode-Kathode-Anordnung, die gleichfalls mit Masse verbunden ist, so daß bei der oben angegebenen Spannung eine negative Abstimmspannung im Resonatorzweig anliegt. Anstelle direkt an der Gleichspannungsquelle 3 angeschlossen zu sein, können die Varaktordioden 4 alternativ auch über weitere elektronische Bauteile, wie etwa regelbare Widerstände oder weitere Kondensatoren, in an sich bekannter Weise an die Gleichspannungsquelle 3 angeschlossen werden, um ein gewünschtes Abstimmungsverhalten zu erreichen.

[0021] Neben dem so gebildeten abstimmbaren Schwingkreis weist der spannungsgesteuerte Oszillator, im folgenden auch VCO genannt, noch einen in den Zeichnungen nur angedeuteten restlichen Teil 5 auf, der weitere, für die Funktionsweise des VCO erforderliche elektronische Bauteile in an sich bekannter Weise enthält.

[0022] Der spannungsgesteuerte Oszillator gemäß Fig. 1b unterscheidet sich von dem gemäß Fig. 1a hauptsächlich darin, daß ein zusätzlicher Kondensator 1 vorgesehen ist und sowohl die Kondensatoren 1 als auch die Induktivität 2 über Schalter 6a beziehungsweise 6b ansteuerbar sind. Die Induktivität 2 weist zu diesem Zweck eine Anzapfung auf, die durch den Schalter 6b mit Masse verbindbar ist. Im Vergleich hierzu weist der spannungsgesteuerte Oszillator ge-

mäß Fig. 1c drei Paare an Varaktordioden 4 auf, die sich jeweils in einer Kathode-Kathode-Anordnung befinden und zu dem Kondensator 1 und der Induktivität 2 parallel geschaltet sind.

5 [0023] In den Fig. 2 bis 4 sind verschiedene Ausführungsformen eines spannungsgesteuerten Oszillators dargestellt, bei denen das Einstellelement ein an sich bekanntes, kondensatorgestütztes mikro-elektromechanisches System 7, MEMS-C, aufweist. Bei den Oszillatoren gemäß Fig. 2 und 10 3 übernimmt das MEMS-C 7 dabei zugleich die Funktion des Kondensators 1 des VCO gemäß den Fig. 1a bis 1c.

[0024] In der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ist das MEMS-C 7 einerseits mit der Gleichspannungsquelle 3 und andererseits mit Masse verbunden sowie parallel zu dem als

15 Induktivität 2 ausgebildeten Resonator geschaltet. Als Resonator können dabei auch als Leistungresonator oder MEMS-Resonator ausgebildete Resonatoren Anwendung finden. Die gleichfalls mit Masse verbundene Induktivität 2 weist eine Anzapfung auf, die durch den Schalter 6b eben-

20 falls mit Masse verbindbar ist. In der Ausführungsform gemäß Fig. 3 ist die Induktivität 2 mit zwei Anzapfungen versehen, die jeweils über Schalter 6b mit Masse verbindbar sind. Darüber hinaus ist bei diesem VCO zwischen dem MEMS-C 7 und der Induktivität 2 ein Paar sich in Kathode-

25 Kathode-Anordnung befindende Varaktordioden 4 parallel geschaltet, die mit einer zweiten Gleichspannungsquelle 3 verbunden sind.

[0025] Bei dem spannungsgesteuerten Oszillator gemäß Fig. 4 ist durch einen mikro-elektromechanischen System-30 Schalter 8, MEMS-Schalter, ein Leitungsabschnitt zwischen dem MEMS-C 7 und der Induktivität 2 über einen ersten Kondensator 1 mit Masse verbindbar. Durch den MEMS-Schalter ist es danach möglich, den induktiven Teil des Schwingkreises gezielt zu ändern. Weiterhin sind die in Reihe befindlichen MEMS-C 7 und Induktivität 2 parallel zu einem zweiten Kondensator 1 und einer Varaktordiode 4 geschaltet und über einen dritten Kondensator 1 mit dem restlichen Teil 5 des VCO verbunden. Das MEMS-C 7 ist bei dieser Ausführungsform an eine erste Gleichspannungs-40 quelle 3 angeschlossen, wohingegen sowohl die Varaktordiode 4 und der zweite Kondensator 1 als auch die Induktivität 2 mit einer zweiten Gleichspannungsquelle 3 verbunden sind.

[0026] Mit den zuvor beschriebenen Ausführungsformen 45 spannungsgesteuerter Oszillatoren gemäß den Fig. 2 bis 4 lassen sich im Unterschied zu den bekannten VCOs nach den Fig. 1a bis 1c ein breitbandiger Frequenzbereich und ein geringes Phasenrauschen auf einfache Weise realisieren. Grund hierfür ist das Vorsehen des MEMS-C 7 als Einstell-

50 element, wodurch sich eine unkomplizierte Gestaltung des VCO ergibt. Da das MEMS-C 7 zudem einen hohen Q-Faktor und einen breiten Abstimmbereich aufweist, läßt sich ein zielgerichtetes Design des breitbandigen und ein geringes Phasenrauschen sicherstellenden VCO verwirklichen. Wie geschildert, kann das MEMS-C je nach Anwendungsfall 55 auch mit einer herkömmlichen Varaktordiode und einem Schalter, wie etwa dem oben beschriebenen MEMS-Schalter, kombiniert werden. Nicht zuletzt ist es danach möglich, eine Oszillator-Topologie zu erzielen, welche die Funktion

60 bekannter Oszillatoren, wie etwa Colpitts-Oszillatoren, aufweist, aber in Hinsicht auf ihre Gestaltung erheblich vereinfacht ist.

#### Patentansprüche

- 65 1. Spannungsgesteuerter Oszillator, insbesondere für Mobilfunkgeräte, mit einem durch elektronische Bau- teile gebildeten Schwingkreis, der durch ein Einstell-

- element abstimmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Einstellelement ein kondensatorgestütztes mikro-elektromechanisches System (7) aufweist.
2. Spannungsgesteuerter Oszillator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronischen Bau-<sup>5</sup>teile wenigstens einen Kondensator (1) und/oder eine Induktivität (2) aufweisen.
3. Spannungsgesteuerter Oszillator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivität (2) mit zumindest einer Anzapfung versehen ist, die durch ei-<sup>10</sup>nen Schalter (6b) mit Masse verbindbar ist.
4. Spannungsgesteuerter Oszillator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Einstellelement mit wenigstens einer Varaktordiode (4) versehen ist.
5. Spannungsgesteuerter Oszillator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Varaktordioden (4) in einer Kathode-Kathode-Anordnung geschaltet sind.
6. Spannungsgesteuerter Oszillator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das <sup>20</sup>Einstellelement mit einem mikro-elektromechanischen System-Schalter (8) versehen ist.
7. Spannungsgesteuerter Oszillator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß durch den mikro-elektromechanischen System-Schalter (8) ein Leitungsab-<sup>25</sup>schnitt zwischen dem kondensatorgestützten mikro-elektromechanischen System (7) und der Induktivität (2) mit Masse verbindbar ist.
8. Spannungsgesteuerter Oszillator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die Ausge-<sup>30</sup>staltung als Hochleistungsozillator.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1a

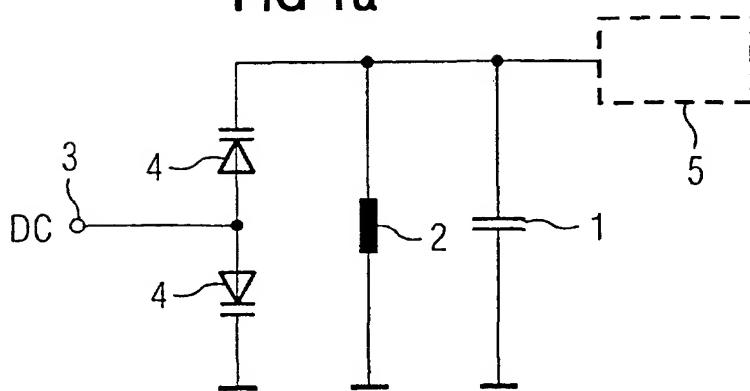


FIG 1b

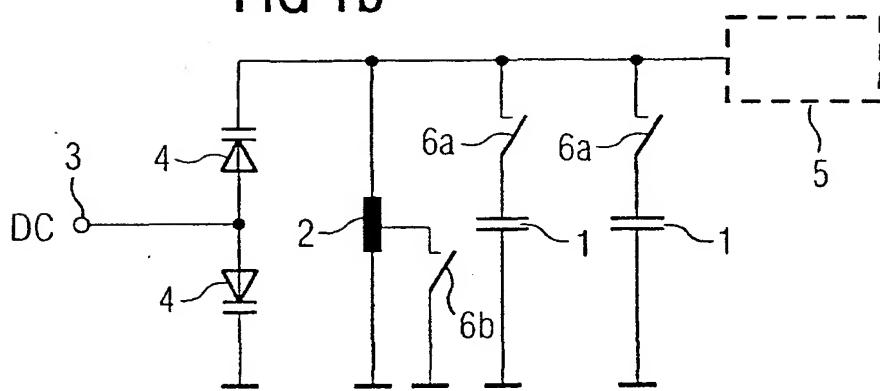


FIG 1c

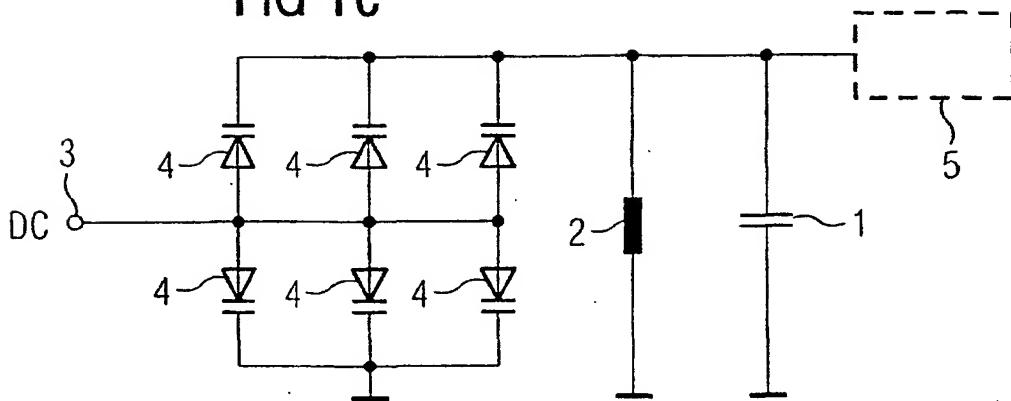


FIG 2

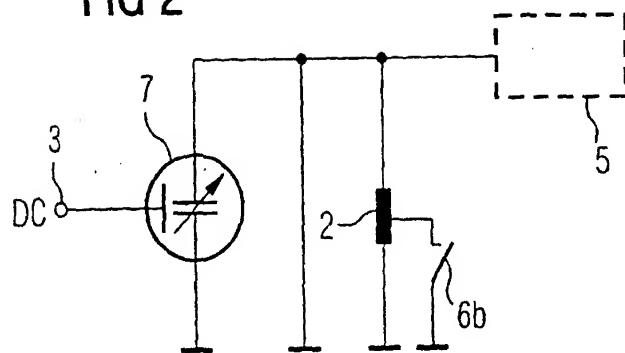


FIG 3

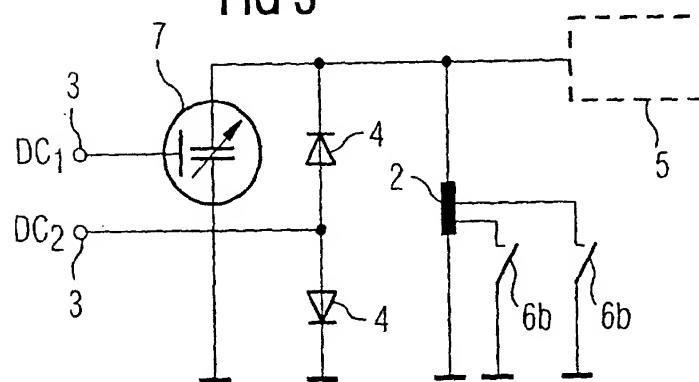


FIG 4

